



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TYÖSTÖKONEEN AUTOMAATION UUSINTAPROJEKTI

Laatu ja tuloksellisuus

Timo Nieminen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

NIEMINEN, TIMO:
Työstökoneen automaation uusintaprojekti
Laatu ja tuloksellisuus

Opinnäytetyö 38 sivua
Huhtikuu 2016

Automaation uusintaprojektissa uusittiin työstökoneen ohjauksia asiakkaan toiveiden mukaisesti. Laitteiston uusinnan lisäksi haluttiin parantaa työstökoneen käyttämisen turvallisuutta ja ergonomiaa. TP-Automaatio Oy toteutti projektin ja työn tilaajana oli teollisuuden yritys.

Projekti alkoi suunnitteluvaiheesta, jonka aikana pyrittiin löytämään ratkaisut projektille asetettuihin tavoitteisiin. Suunnitteluvaihe muodostui muun muassa mekaniikka-, laitteisto-, kytkentä- ja asennussuunnittelusta, joiden perusteella luotiin dokumentit projektin tulevia vaiheita ja asiakasta varten. Suunnittelun valmiit tulokset siirrettiin toteutukseen. Suunnittelu- ja toteutusvaiheen tuloksien pohjalta aloitettiin asennusvaihe, jossa projektin kohde saatettiin mekaanisesti valmiiseen tilaan. Suunnittelu-, toteutus- ja asennusvaiheen tuloksien toimivuus varmistettiin toiminnallisilla testauksilla ja tehtiin tarvittavat korjaukset. Valmiit projektin tulokset luovutettiin lopulta asiakkaalle.

Projektin aikana huomattiin, että automaation uusintaprojektit voivat sisältää useita haasteita, joita uusioautomaatioprojekteissa ei ilmene. Olemassa oleva dokumentaatio saattaa olla puutteellista ja ohjelmistoon kohdistuvien muutoksien tekeminen haastavaa, kuten ne tässä projektissa olivat. Toisaalta myös esimerkiksi projektityön puutteelliset toimintatavat ja projektin toimittajasta riippumattomat asiat voivat aiheuttaa haasteita. Oikeanlaisilla toimintatavoilla ja ongelmanratkaisutaidoilla on mahdollista parantaa projektin laatu- ja tehokkuustekijöitä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Automation Engineering

NIEMINEN, TIMO:
Rebuild Project of Machine Tool Automation
Quality & Effectivity

Bachelor's thesis 38 pages
April 2016

In the rebuild project of automation the controls of the machine tool were updated according to the customer's wishes. In addition to the hardware renewal the aim was to improve the safety and ergonomics of the machine tool usage. The project was implemented by TP-Automaatio Oy and the project was ordered by an industrial customer.

The project started from the planning phase, which aimed to finding solutions to the project objectives. The planning phase consisted of equipment, mechanical, electrical and installation planning, which formed the documentation for the project. The documents were also later provided to the customer. Designed plans were moved to the implementation phase. After planning and implementation the next step in the project was the installation phase. The results of planning, implementation and installation phases were checked in the functional testing phase. The results were handed over to the customer.

Rebuild projects of automation can contain a lot of challenges that are not common when the focus of the project is on building new systems. Existing documentation might not be up to date or implementing changes might cause problems with the system programming, as they were in this project. On the other hand inefficient project procedures and matters that are not related to the supplier can cause additional challenges. With careful planning and using the right problem solving methods it is possible to enhance the quality and effectivity of project results.

Key words: automation, machine tool, project, rebuild project

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	AUTOMAATION ELINKAARIMALLI JA AUTOMAATIOPROJEKTI.....	7
2.1	Automaation elinkaarimalli	7
2.2	Automaatioprojektin haasteita	8
2.3	Automaation elinkaarimallin mukaiset vaiheet	9
2.3.1	Määrittelyvaihe	9
2.3.2	Suunnitteluvaihe.....	10
2.3.3	Toteutusvaihe	13
2.3.4	Asennusvaihe	13
2.3.5	Toiminnallisen testauksen vaihe	14
2.3.6	Kelpoistusvaihe	15
2.3.7	Tuotantovaihe.....	15
3	AUTOMAATION UUSINTAPROJEKTIN KÄYTÄNNÖNTOTEUTUS	16
3.1	Projektin tavoitteet ja kohde	16
3.1.1	Yleiset tavoitteet.....	16
3.1.2	Kohde ja yksityiskohtaisemmat tavoitteet	17
3.2	Uusintaprojektin vaiheet	22
3.2.1	Suunnitteluvaihe.....	22
3.2.2	Toteutusvaihe	26
3.2.3	Asennusvaihe	28
3.2.4	Toiminnallisen testauksen vaihe	31
3.2.5	Uusinnan tulokset.....	32
3.3	Projektin kulku.....	35
4	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	36
	LÄHTEET.....	38

ERITYISSANASTO

HMI	Human-Machine Interface, ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä
I/O	Input/Output, sisään-/ulostulo

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin automaation uusintaprojektia projektin toimittajan näkökulmasta. Toteutettu projekti kohdistui vanhaan työstökoneeseen, jonka ohjaukset vaativat päivittämistä nykypäivän mukaisiksi, turvallisemmiksi sekä koneen käyttäjien kannalta ergonomisemmiksi. Suunnittelu- ja asennuspalveluja tarjoava TP-Automaatio Oy toteutti projektin ja työn tilaajana oli teollisuuden yritys.

Opinnäytetyössä käsiteltiin projektin vaiheita suunnittelusta aina projektin tuloksien luovuttamiseen asti, kuitenkin ilman yksityiskohtaista paneutumista projektin työvaiheisiin. Työssä ei otettu kantaa kilpailutusvaiheeseen tai projektin yksityiskohtaisempiin taloudellisiin näkökohtiin. Työssä kiinnitettiin erityisesti huomiota projektin toteuttamisen kannalta tärkeisiin asioihin sekä projektin toteutustapoihin, joissa olisi ollut mahdollisesti kehitettävää.

Tiedostamalla projektin kannalta tärkeät asiat ja etsimällä ratkaisuja puutteellisiin toimintatapoihin oli tarkoitus löytää ohjenuoria projektityöskentelyn laadun ja tehokkuuden kehittämiseen. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli siis lisätä automaatioprojektien ja erityisesti uusintaprojektien tuntemusta, sekä samalla kehittää projektityöskentelyn osaamista. Lisäksi tämä raportti antaa jonkinlaisen teoreettisen pohjan projektityöhön niille, joille automaatioprojektien rakenne ja sisältö on vielä vierasta.

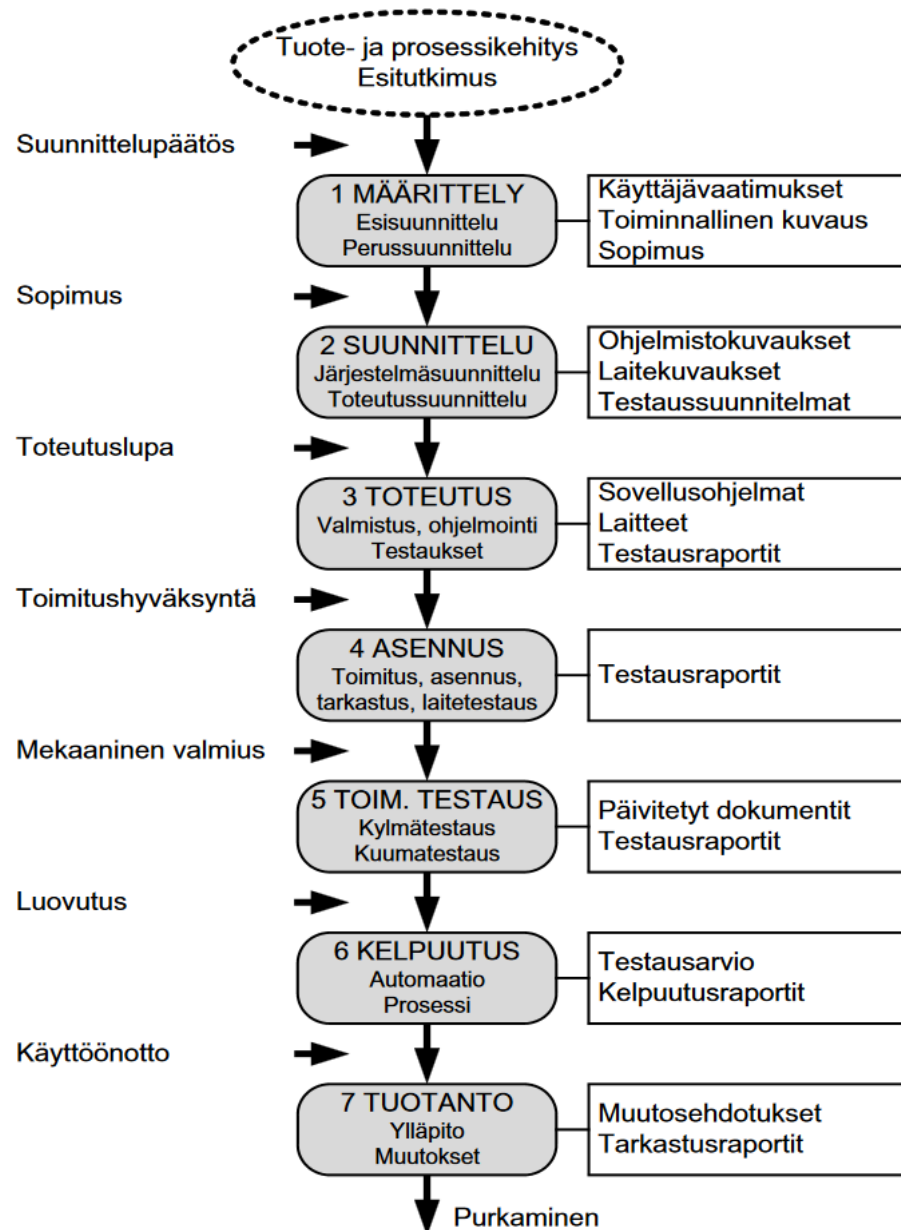
2 AUTOMAATION ELINKAARIMALLI JA AUTOMAATIOPROJEKTI

Tämän luvun tarkoituksena on kuvata automaatioprojektin rakennetta yleisellä tasolla. Teoreettisen projektin kuvaamiseen on hyödynnetty automaation elinkaarimallia. Uusintaprojektin vaiheet eivät merkittävästi osin eroa perinteisestä uusioautomaatioprojektista, joten teoria käsittelee automaatioprojektin yleistä rakennetta. Käytännön toteutukset kuitenkin aina eroavat toisistaan eri sovellusaloilla, joten yhdellä teoreettisella mallilla on mahdotonta kuvata täsmällisesti jokaista automaatioprojektia. Automaation elinkaarimalli on kuvattu luvussa 2.1. Automaatioprojektien sisältämiä haasteita on kuvattu luvussa 2.2. Projektin teoreettiset vaiheet ovat kuvattuina automaation elinkaarimallin mukaisesti sisältöineen luvussa 2.3.

2.1 Automaation elinkaarimalli

Automaatiosovelluksen elinkaari voidaan kuvata peräkkäisinä vaiheina, niiden välisinä etappeina ja tärkeimpinä tuloksina (KUVIO 1). Malli sisältää automaatioprojektin vaiheet, mutta käytännön projekteissa menettelytavat on kuitenkin syytä sovittaa tapauskohtaisesti. (SAS 2007, 15-16.)

Projektin vieminen eteenpäin mallin mukaisesti vaihe kerrallaan on osoittautunut ongelmalliseksi nopeissa ja epävarmuuksia sisältävissä projekteissa, joten sen tilalle on kehitelty joustavampia rinnakkaisia ja iteratiivisia menetelmiä. (SAS 2007, 7, 15-16.) Iteratiivisessa menetelmässä toteutus voidaan jakaa pienempiin osiin ja sen vaiheita toistetaan. Iteratiivinen toteutustapa mahdollistaa pienempien kokonaisuuksien laadun varmistamisen ja niiden toistettavuuden hyödyntämisen. (Gothelf 2012.)



KUVIO 1. Automaation elinkaarimalli (SAS 2007, 16; muokattu lähteestä SAS 2001, 17)

2.2 Automaatioprojektin haasteita

Haasteita automaatioprojekteissa aiheuttavat esimerkiksi monimutkaistuvat teollisuuden järjestelmät sekä aikataulupaineet. Vaatimukset tuottavuuden, laadun ja turvallisuuden suhteen kasvavat, joka edellyttää suunnittelutoiminnalta niiden mukaista kehittymistä. Tiukentuneiden aikataulujen ja vaatimuksien takia tehokkuus ja laatu on pystyttävä yhdistämään entistä paremmin. (SAS 2001, 95; SAS 2007, 7.)

Automaation uusintaprojektit sisältävät lisäksi omat haasteensa. Suunnittelua ei voi aloittaa puhtaalta pöydältä, vaan suunnittelutyö toteutetaan olemassa olevaan automaatio-sovellukseen. Vanhan sovelluksen dokumentaatio voi aiheuttaa ongelmallisuutta, sillä se ei aina ole ajan tasalla. Uusinnan aikana saattaa siis tulla yllätyksenä, että uusittu kohde ei olekaan sellainen kuin dokumenttien perusteella pitäisi olla. Pahimmillaan tämä ongelma saattaa ilmetä vasta uusitun sovelluksen testausvaiheessa. (Malm, Vanhala & Venho-Ahonen 2010, 25.)

2.3 Automaation elinkaarimallin mukaiset vaiheet

2.3.1 Määrittelyvaihe

Määrittelyvaiheen tavoitteena on kuvata automaatio-sovellus käyttäjän kannalta ja toteutusriippumattomasti riittävällä tarkkuudella niin, että teknisen toteutuksen suunnittelu on mahdollista aloittaa yksityiskohtaisesti. Erityisesti suuremmissa projekteissa määrittelyvaihe jakaantuu kahteen osaan, jotka ovat esisuunnittelu ja perussuunnittelu. (SAS 2001, 18.)

Esisuunnittelu

Esisuunnittelu tapahtuu asiakkaan toimesta, jolloin asiakas määrittää muun muassa käyttäjävaatimukset, mahdollisen kelpoistussuunnitelman sekä muita tärkeitä lähtökohtia projektin toteuttamista varten. Automaatio-sovelluksen käyttäjien rooli on suuri tässä suunnittelun vaiheessa. Monesti esisuunnittelu päättyy asiakkaan investointipäätökseen. (SAS 2001, 18.)

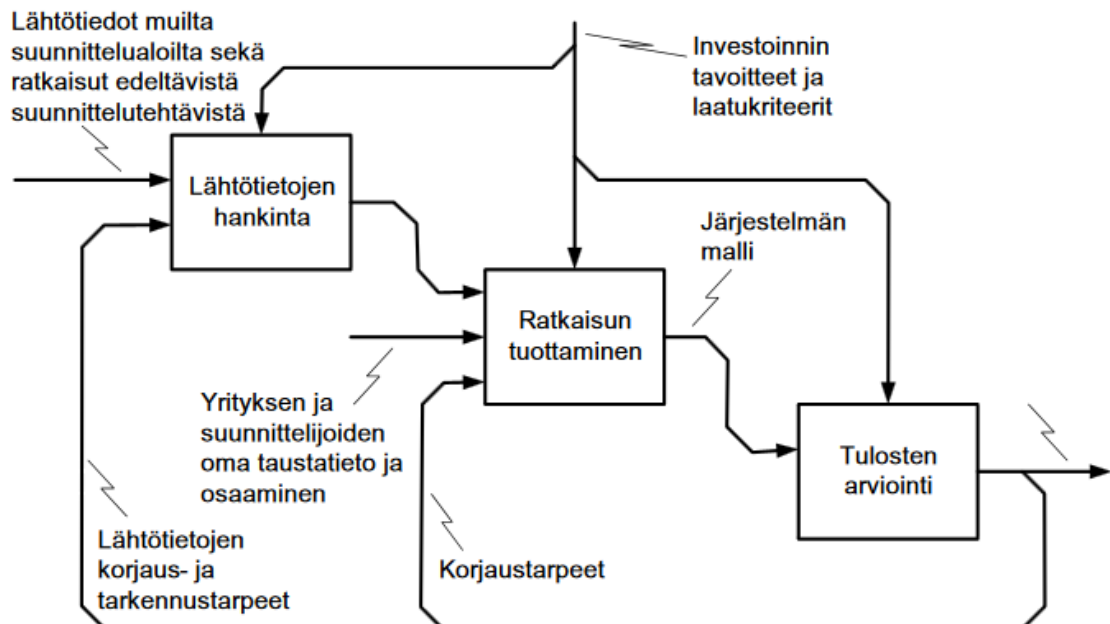
Perussuunnittelu

Perussuunnittelu tapahtuu asiakkaan ja projektintoimittajan välisellä yhteistyöllä. Perussuunnittelussa keskitytään automaatio-sovelluksen ajotapoihin, toimintoihin ja toteutusperiaatteiden tarkempaan kuvaukseen. Oleellisia asioita ovat tarjouspyyntö ja tarjoukset sekä neuvottelut sopimusasioista. Perussuunnittelussa pyritään asiakkaan ja projektin toimittajan väliseen molempia tyydyttävään sopimukseen projektin toteuttamisesta. Perussuunnittelun aikana projektin toimittaja laatii toiminnallisen kuvauksen asiakkaan esisuunnittelussa selvinneiden tarpeiden pohjalta, jolloin toimittajan on tunnettava projektin

kohde ja ymmärrettävä sen toiminta riittävän hyvin. Toiminnallinen kuvaus sisältää projektin toimittajalta vaaditut työt ja sen pohjalta toimittaja arvioi sopimuksen teon jälkeen mahdollisesti tulevien muutoksien vaikutukset hintaan. (SAS 2001, 18, 40-42.)

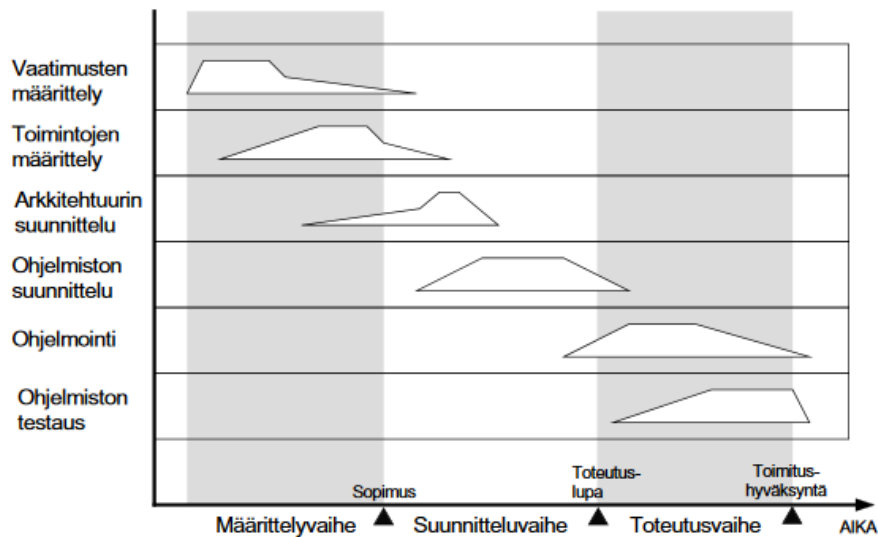
2.3.2 Suunnitteluvaihe

Tehdyn sopimuksen jälkeen alkaa suunnitteluvaihe. Tavoitteena on tehdä määrittelyvaiheen tuloksien pohjalta suunnittelut, jotka mahdollistavat toteutuksen aloittamisen. Pääasiallinen vastuu projektin etenemisestä siirtyy tässä vaiheessa projektin toimittajalle, mutta yhteistyö asiakkaan kanssa esimerkiksi ajotapakeskusteluihin liittyen yleensä jatkuu. Toiminnallisen kuvauksen pohjalta tehdään dokumentteja, joissa pyritään etsimään ratkaisut sen sisältämiin vaatimuksiin. (SAS 2001, 19, 48-49.) Suunnittelutehtävien sisäinen rakenne alkaa yleisesti lähtötietojen hankinnasta ja etenee ratkaisun tuottamisen kautta tulosten arviointiin (KUVIO 2). Suunnittelu ei kuitenkaan aina etene niin suoraviivaisesti, vaan ratkaisuja voidaan esimerkiksi joutua korjaamaan ja lähtötietoja tarkentamaan. Tällöin vaiheita toistetaan, kunnes suunnittelun tavoitteet on saavutettu. (SAS 2007, 15.)



KUVIO 2. Sisäinen rakenne suunnittelutehtävälle (SAS 2007, 15)

Automaatiossa laitteet ja koneet ovat monesti lähtökohtana suunnittelulle, jota voi seurata esimerkiksi mekaniikka-, laite-, verkko- ja ohjelmiston suunnittelu. Suunnittelun vaiheet painottuvat automaation elinkaaren eri vaiheisiin (KUVIO 3). Käytännön projekteissa suunnittelutoiminta muuttuu rinnakkain ja iteratiivisesti, jolloin esimerkiksi myöhemmin tehty suunnittelutehtävä voi täydentää aiemmin tehdyn suunnittelutehtävän tuloksia. (SAS 2007, 14; SAS 2001, 49.)



KUVIO 3. Suunnittelun sisällön jakautuminen elinkaarimallin vaiheisiin (SAS 2007, 14)

Mekaniikkasuunnittelu

Mekaniikkasuunnittelu voi tarkoittaa esimerkiksi koneiden, prosessilaitteiden ja putkistojen mekaanisen rakenteen suunnittelua. Mekaniikka ei suoranaisesti sisälly automaatio-suunnitteluun, mutta pienempiin automaatioprojekteihin voi sisältyä myös mekaanisten rakenteiden uudelleensuunnittelua. (SAS 2001, 49.)

Laitteistosuunnittelu

Laitteistosuunnittelun voi aloittaa, kun mahdollinen mekaniikkasuunnittelu on riittäväällä tasolla valmis. Laitteistosuunnittelussa muun muassa määritetään tarvittava laitteisto ja tehdään laitesijoittelut. Näihin kuuluvat esimerkiksi ohjainlaitteet, niiden liityntäkortit, näyttö- ja operointilaitteet, kaapelointi jne. Ennen laitteiston tilaamista on oltava selvillä muun muassa tarvittavien laitteiden määrät, tyypit ja asennuskohteen ympäristöolosuhteet. Automaatiosovelluksen laitteiston hankinta on siis mahdollista aloittaa vasta, kun laitteistokuvaus on valmis ja kytkentäsuunnittelu on edennyt riittäväälle tasolle. (SAS 2001, 49-50.)

Ohjelmiston suunnittelu

Ohjelmistosuunnitteluun lähtötietoja saadaan toiminnallisesta kuvauksesta sekä laitteistokuvauksesta. Suunnittelu sisältää ohjausohjelmiston lisäksi esimerkiksi käyttöliittymän eli käyttäjän ja laitteen välisen rajapinnan suunnittelua. Ohjelmistosuunnittelu voi edetä pitkälti laitteistosuunnittelun rinnalla. (SAS 2001, 50-51; Suomela 2009, 2.)

Ennen varsinaisen ohjelmoinnin aloittamista kannattaa miettiä ja hahmotella tulevaa ohjelmaa valmiiksi. Ohjelmaa tehtäessä on hyvä muistaa, että sitä ei luoda vain laitteille, vaan myös ihmisten luettavaksi. Olemassa olevaa nimeämiskäytäntöä tulee noudattaa läpi ohjelman ja sisältöä tulee jakaa pienempiin osakokonaisuuksiin, joka parantaa ohjelman muokattavuutta ja luettavuutta. Ohjelmoinnissa on aina virheen mahdollisuus, joten ohjelmasta on hyvä olla paitsi alkuperäinen versio tallessa, niin myös väliversioita. Laadukas ohjelma sisältää siis selkeän, mutta yksikertaisen kommentoinnin, joka helpottaa ohjelman tarkastelua ja mahdollisesti tulevia muokkauksia jatkossa. Selkeä ja loogisesti jaettu ohjelmarakenne parantaa myös muokattavuutta. (Falcon 2014.)

Dokumentit

Suunnittelutehtävien aikana syntyy laaja dokumentointi, jonka pohjalta toteutus- ja asennusvaihe on mahdollista suorittaa. Dokumentteihin voi kuulua sanallisia kuvauksia, erilaisia luetteloita, piirustuksia, valokuvia yms., joilla havainnollistetaan suunnittelun tuloksien rakennetta, toimintaa ja ominaisuuksia. (SAS 2001, 52.) Projektin aikana tapahtuva dokumentointi helpottaa myös uusien henkilöiden mukaan tulemistä projektiin (Huotari 2009, 2). Suunnitteluvaiheen lopputuloksena dokumenteista on pyritty saamaan valmiita niin, että niitä ei tarvitse enää muokata myöhemmissä vaiheissa (SAS 2001, 52).

Laadunvarmistus

Toimittaja voi tehdä sisäisiä suunnittelukatselmuksia, joiden avulla seurataan työn etenemistä ja sitä, että vastaavatko suunnittelutyön tulokset toiminnallista kuvausta. Toimittajan kannalta tärkeitä asioita ovat laatuvaatimusten täytyminen aikatauluineen ja kustannuksineen yms. Myös asiakas voi suorittaa omia suunnittelukatselmuksiaan ja vaatia suunnittelun tuloksia hyväksyttävikseen. (SAS 2001, 55.)

2.3.3 Toteutusvaihe

Toteutusvaihe muodostuu suunnitteluvaiheen aikana määritellyn sovelluskokonaisuuden hankinnasta, valmistamisesta, kokoamisesta ja testauksesta. Laitteisto- ja ohjelmistokomponentit hankitaan yleensä kaupallisesti tarjolla olevasta valikoimasta. Tilauksien edessä automaatioprojektin toimittaja täydentää asennusdokumentaatiota ja aloittaa ohjelmoinnin toteuttamisen. (SAS 2001, 55.)

Toteutusvaiheen aikana syntyy dokumentteja, joita voivat olla esimerkiksi asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet. Toteutusvaiheeseen voi sisältyä asiakkaan sekä toimittajan itse suorittamia katselmuksia ja testauksia. Tässä vaiheessa muutostarpeita voi syntyä esimerkiksi havaituista virheistä tai teknisistä ongelmista johtuen. Toteutus päättyy toimitushyväksyntään, jossa asiakas ja toimittaja toteavat, että suunniteltu sovellus on valmis toimittavaksi lopulliseen käyttöympäristöönsä. (SAS 2001, 56-57.)

2.3.4 Asennusvaihe

Asennusvaiheen tarkoituksena on toimittaa projektin toiminnallisen kuvauksen mukainen sovellus asiakkaan tiloihin. Samalla tarkastuksin ja testauksin pyritään osoittamaan, että sovellus on toimintakunnossa ja suunnittelun tuloksien mukainen. Asennustyössä noudatetaan aiemmin luotua asennussuunnitelmaa ja mahdollista testaussuunnitelmaa. (SAS 2001, 63.)

Asennusvaiheen edetessä valmiille osakokonaisuuksille voidaan tehdä asennustarkastuksia tarpeiden mukaan. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi asennusten toteamista asianmukaisesti silmämääräisillä tarkastuksilla. Asennusvaihe voi koostua paitsi laitteiston asentamisesta, niin myös järjestelmäverkon asentamisesta ja kytkemisestä, ohjelmien lataamisesta laitteistoon sekä liityntöjen, sähkönsyöttöjen ja väylien kytkennöistä. (SAS 2001, 66.)

Asennuksella pyritään saavuttamaan testausvalmius. Asennusvaiheessa tärkeimpänä dokumenttina toimii asennussuunnitelma, jossa kuvataan selkeästi kaikki asennuksen työvaiheet, asennettavat laitteet, asennusjärjestys, tarvittavat työvälineet, asennusvastuut,

tarvittavat testit ja dokumentointi yms. Asennussuunnitelman liitteenä ovat monesti asennukseen tarvittavat asennuskuvat. Asennusvaiheen tuloksena on käyttöympäristöön asennettu ja ohjausjärjestelmään kytketty automaatiosovellus laitteineen. (SAS 2001, 67.)

2.3.5 Toiminnallisen testauksen vaihe

Toiminnallisella testauksella varmistetaan lopulliseen käyttöympäristöön asennetun sovelluksen toimivuus kokonaisuutena laitteineen ja ohjelmistoineen, niin että toiminta vastaa toiminnallisen kuvauksen sisältöä. Toiminnallisen testauksen vaihe päättyy sovelluksen luovutukseen asiakkaalle, jonka jälkeen sovellus on valmis tuotantoon, ellei kelpoisuudesta ole vaadittu. (SAS 2001, 20-21, 71.)

Testauksiin on sisällytettävä normaali toiminta sekä poikkeavat tilanteet. Toiminnalliset testaukset tehdään toimittajan aiemmin luoman testaussuunnitelman mukaisesti. Toiminnallisen testauksen aikana huomattavat muutostarpeet kirjataan ja niistä tehdään muutosehdotus. Sovelluksen ollessa kelpoistettava, on kriittisissä kohteissa ilmenneet viat ja ongelmakohdat korjattava ennen teknistä loppukelpoistusta. Testauksien tuloksista luodaan testausraportti. Asiakas seuraa toiminnallisen testauksen edistymistä ja hyväksyy omalta osaltaan sen tuloksia. Lisäksi testausvaihe voi toimia myös koulutustilaisuutena koneen käyttäjille. (SAS 2001, 72-73.)

Toiminnallisessa testauksessa ovat käytössä sovelluksen vaatimat käyttöhyödykkeet kuten sähkö ja paineilma. Ensimmäiseen vaiheeseen sisältyvät hälytys- ja lukitusrajoihin liittyvät tarkastukset sekä lukitusten ja suojausten kuten hätäseis-toimintojen testaus. Näissä toiminnoissa havaitut virheet on korjattava heti. Sovelluksen käyttötoimintojen testauksilla varmistetaan sovelluksen toiminta suunnitelmien mukaiseksi. Toimintojen testauksen aikana mahdollisesti tapahtuneet muutokset suunnittelun tuloksiin päivitetään dokumentteihin. (SAS 2001, 73, 75-76.)

Muiden testauksien jälkeen asiakas seuraa tarvittaessa erillistä toimittajan suorittamaa hyväksymistestausta. Hyväksymistestauksen tuloksena, kun asiakas ja toimittaja ovat tienneet sovelluksen sopimuksen ja toiminnallisen kuvauksen mukaiseksi, sovellus voidaan luovuttaa asiakkaalle. (SAS 2001, 76-77.)

2.3.6 Kelpoistusvaihe

Toiminnallisten testauksien tulosten perusteella hyväksytyt ja asiakkaalle luovutettu sovellus voidaan vielä kelpoistaa asiakkaan toimesta. Kelpoistamisella asiakas osoittaa sovelluksen laadun viranomaisille tai omille asiakkailleen. Kelpoistamisvaihe ja sen sisältö ovat asiakkaan oman laadunvarmistamisen vastuulla. (SAS 2001, 21, 78.)

Automaation loppukelpoistus kohdistetaan tekniseen järjestelmään, jolla asiakas osoittaa, että sovellus on suunniteltu ja toteutettu vaatimusten mukaisesti. Tuotantoon kohdistuvan kelpoistuksen tavoitteena on osoittaa valmistettavien tuotteiden vastaavan spesifikaatiota. Monituoteympäristössä kelpoistus tehdään jokaiselle tuotteelle erikseen, jolloin joidenkin tuotteiden kelpoistaminen voi tapahtua esimerkiksi vasta vuoden päästä kelpoistusvaiheen alkamisesta. (SAS 2001, 21.)

2.3.7 Tuotantovaihe

Toiminnallisten testauksien ja mahdollisen kelpoistusvaiheen jälkeen alkaa varsinainen tuotanto. Projektin kohteen automaation elinkaari jatkuu tällöin normaalina ylläpitona ja mahdollisina muutoksina. Tuotantovaihe on täysin asiakkaan vastuulla. (SAS 2001, 93-94.)

Tekniikan kehittyessä nopeasti, on syytä varautua järjestelmien hallittuun uusimiseen, että laatuongelmia ei pääse muodostumaan (SAS 2001, 94). Uusintatarpeet voivat edellyttää automaation uusintaprojektin syntymisen, jolloin automaation elinkaaren vaiheet uusinnan osalta alkavat taas määrittelyvaiheesta.

3 AUTOMAATION UUSINTAPROJEKTIN KÄYTÄNNÖNTOTEUTUS

TP-Automaatio Oy toteutti automaation uusintaprojektin teollisuuden asiakkaalle. Projekti aloitettiin keväällä 2015 ja saatettiin päätökseen kesällä 2015. Tässä luvussa perehdyttiin projektin vaiheisiin, sekä käsiteltiin projektin aikana ilmenneitä haasteita ja ongelmakohtia. Projektin läpikäyminen aloitettiin suunnitteluvaiheesta ja lopetettiin tilanteeseen, jossa valmis uusintatyö oli luovutettu asiakkaalle. Luvussa 3.1 käsiteltiin projektin tavoitteita ja kohdetta. Projektin vaiheita on kuvattu suunnittelijan ja asentajan näkökulmista luvussa 3.2. Lopuksi projektin käytännön toteutusta verrattiin teoreettiseen malliin luvussa 3.3.

3.1 Projektin tavoitteet ja kohde

3.1.1 Yleiset tavoitteet

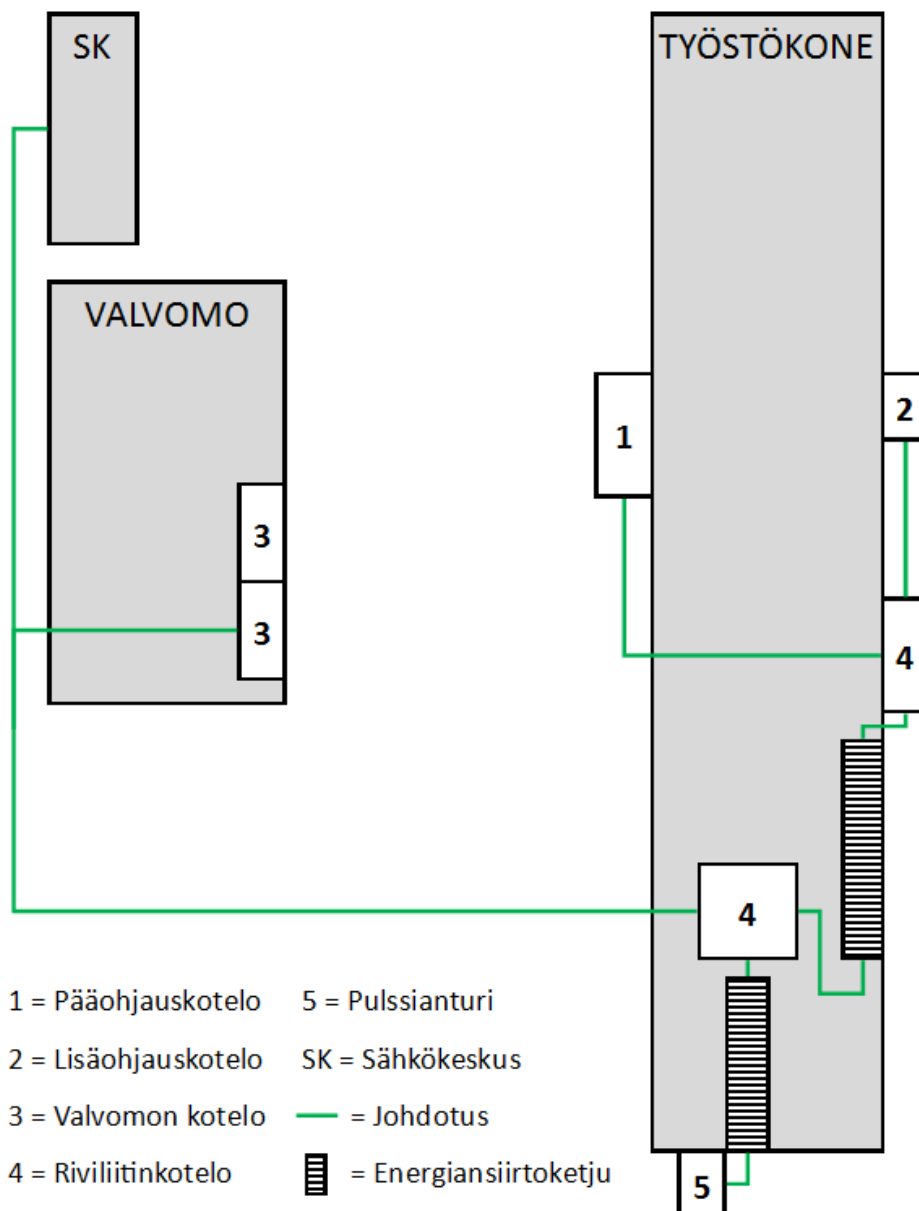
Projektin tavoitteena oli vanhan työstökoneen ohjaukseen liittyvän automaation osittainen uusinta. Työstökoneen uusittava automaatio oli pääosin 1980-luvulta peräisin, jolloin ohjausjärjestelmä oli toteutettu Siemens Simatic S5 -sarjan logiikalla. Logiikkalaitteisto oli myöhemmin päivitetty Simatic S7 -sarjaan. Työstökoneelle oli tehty myös muita automaation osittaisia uusintoja ennen tätä kyseistä projektia.

Asiakkaan tavoite uusinnalla oli paitsi uusia ohjauksia nykypäivän mukaiseksi ja parantaa koneen käytettävyyttä, niin myös lisätä koneen turvallisuutta sekä parantaa käyttäjien työergonomiamia. Työstökoneen automaatio oli toteutettu ennen vuoden 1994 Suomessa voimaan tullutta konedirektiiviä, joten vanhat ohjaukset sisälsivät turvallisuuden kannalta ongelmallisia näkökohtia. Työstökoneen käytön yhteydessä oli tapahtunut työtaturma, joka johti osiltaan uusintatarpeeseen. Koneen vanhojen ohjaus- ja käyttötoimintojen sijoittelut olivat osiltaan käyttäjien kannalta epäsuotuisia, joten myös ergonomisille parannuksille oli tarvetta. Lisäksi uusittavan kohteen varaosien saanti oli hankaloitunut. Määrittelyvaiheen aikana asiakkaan tavoitteiden pohjalta oli luotu TP-Automaatio Oy:n toi-

mesta tekninen kuvaus, joka vastasi teoriassa käsiteltyä toiminnallista kuvausta. Teknisessä kuvauksessa oli kuvattu työstökoneelle vaaditut uudistukset sekä teknisiä määrittämiä osalle laitteistosta.

3.1.2 Kohde ja yksityiskohtaisemmat tavoitteet

Projektin kannalta olennaiset uusinnan kohteen osat on kuvattu alapuolella hyvin karkealla tasolla (KUVIO 4). Uusinta kohdistui vain osaan työstökoneen automaatiosta, joten alla kuvattujen osien lisäksi työstökoneella oli paljon muutakin automaation kannalta olennaista, kuten esimerkiksi muita ohjaus- ja riviliitinkoteloita sekä toinen sähkökeskus.



KUVIO 4. Kuvaava hahmotelma projektin kohteesta

Työstökoneen pääohjauskotelo

Merkittävimpana projektin uusintakohteen osana oli työstökoneen vanha kannatinjärjestelmällinen pääohjauskotelo (KUVA 1). Kaikki sen sisältämät signaalit oli johdotettu yksitellen kotelon ja järjestelmän välille. Käyttäjien tarvitsemien analogiamittausten arvojen näytöt oli toteutettu vanhanaikaisilla viisarimallisilla analogiamittareilla. Koneessa olevan pulssianturin tieto oli näytetty ohjauskotelosta erillisellä laitteella. Analogiamittarit näyttivät työstökoneen teräkelkan ja karan nopeusarvoja sekä tehoja. Pulssianturilta saatu tieto kertoi teräkelkan aseman.



KUVA 1. Vanha pääohjauskotelo ja kannatinjärjestelmä

Uusinnan tavoitteena kotelon digitaalisten I/O-signaalien johdotukset pyrittiin korvaamaan väylällä ja 230 voltin jännitteensyöttö tuli poistaa kotelolta. Uuteen koteloon oli määritetty asennettavaksi logiikkajärjestelmän laajennusmoduuli, johon kotelon digitaaliset I/O-signaalit kytkettäisiin. Vanhat analogiamittarit ja pulssianturin laite oli tarkoitus korvata operointipaneelilla, jolla tarvittavat arvot näytettäisiin. Lisäksi aiemmin merkkivailoilla ilmaistut karan pyörimissuunta ja vaihdealue haluttiin siirtää uuden operointipaneeli-

lin näytölle, teräkelkan asema haluttiin saada tallennettua muistiin, josta se voitaisiin palauttaa näytölle, sekä teräkelkan nykyinen asema haluttiin pystyä nollaamaan. Kotelon kannatinjärjestelmä täytyi uusua kuten myös kotelolle tulevat johdotukset.

Valvomon ohjauskotelot

Valvomossa oli kaksi vanhaa ohjauskoteloä (KUVA 2). Kuvassa vasemmanpuoleisessa ohjauskotelossa oli vain kaksi ohjaustoimintoa, jotka olivat koneen pysäytystä varten yleisseis- ja hätäseis-toiminnot. Lisäksi kotelon vanhat viisarimalliset analogiamittarit näyttivät samoja mittausarvoja, mitä koneella sijaitsevat ohjauskotelot. Myös valvomoon tuli erilliselle laitteelle koneen pulssianturin mittaustieto. Toisen kotelon toiminnot eivät olleet oleellisia projektin tavoitteiden kannalta.



KUVA 2. Vanhat valvomon ohjauskotelot

Valvomon kotelot haluttiin yhdistää yhteen uuteen ohjauskoteloon. Työstökoneen ohjaukseen liittyviä toimintoja haluttiin lisätä, jonka lisäksi vanhat analogiamittarit ja pulssianturin laite oli tarkoitus korvata operointipaneelilla samalla tavoin kuin pääohjauskotelolla. Valvomon kotelon ohjaustoiminnot oli toteutettava niin, että ohjausta ei voinut

tehdä samanaikaisesti muilta ohjauskoteloilta. Valvomoon tulevasta operointipaneelistä haluttiin samanlainen kuin pääohjauskotelon operointipaneelistä, mutta valvomossa siitä tulisi vain informatiivinen.

Työstökoneen lisäohjauskotelo

Työstökoneella oli pääohjauskotelon lisäksi lisäohjauskotelo (KUVA 3), joka sijaitsi koneen toisella puolella. Vanha lisäohjauskotelo sisälsi vain yhden toiminnon. Lisäohjauskotelo oli lisätty jälkiasennuksena ja sen toiminto oli johdotettu koneen pääohjauskotelolta. Toteutustavan seurauksena pääohjauskotelolta ja lisäohjauskotelolta oli mahdollista ohjata työstökonetta samanaikaisesti.



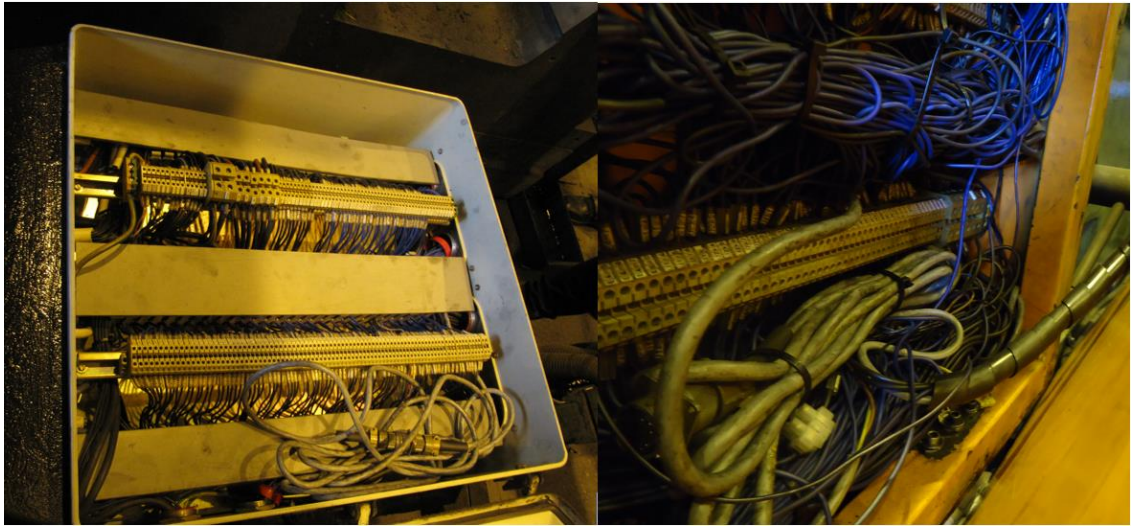
KUVA 3. Vanha lisäohjauskotelo

Vanha lisäohjauskotelo haluttiin korvata uudella kotelolla, jossa olisi myös enemmän toimintoja kuin vanhassa. Lisäohjauskotelon toiminnot oli toteutettava niin, että työstökoneetta ei voinut ohjata muista ohjauskoteloista samanaikaisesti. Ohjauspaikan valintaan liittyvä toiminto oli olemassa jo muilla ohjauskoteloilla, paitsi lisäohjauskotelolla ja valvomossa.

Johdotukset

Työstökoneella oleville ohjauskoteloille oli tehty johdotukset yksittäisillä johtimilla muualta järjestelmästä. Suurin osa johdotuksista kulki riviliitinkoteloiden (KUVA 4) kautta sähkökeskuksella sijaitsevan logiikan I/O-korteille. Johdotukset oli vedetty muun muassa

kaapelihyllyjen ja -kanavien, energiansiirtoketjujen (KUVA 5) sekä suojaletkujen kautta. Energiansiirtoketjun läpi menevät johdotukset olivat vielä suojattu letkuilla.



KUVA 4. Riviliitinkotelot



KUVA 5. Energiansiirtoketju

Kaikki vanhat pääohjauskotelon ja lisäohjauskotelon johdotukset oli purettava ohjauskoteloiden ja niitä lähimmän riviliitinkotelon väliltä. Lisäksi kaikki energiansiirtoketjujen läpi menevät johdotukset oli purettava niiltä osin, mitkä liittyivät uusintaprojektiin. Purettavista johdotuksista ne, joille jäisi vielä käyttöä, täytyi korvata uusilla johdotuksilla. Lisäksi uusinnan myötä tulisi täysin uusia johdotuksia.

3.2 Uusintaprojektin vaiheet

3.2.1 Suunnitteluvaihe

Suunnittelun aloittamiseksi käytössä oli uusintaprojektin tekninen kuvaus, valokuvia uusintakohteesta sekä mekaniikka- ja sähkökuvia. Ennen suunnittelun aloittamista järjestettiin yrityksen sisäinen palaveri, jossa projektin sisältöä ja tavoitteita pyrittiin selventämään suunnittelun helpottamiseksi.

Laitteistosuunnittelu

Suunnittelun alkuvaiheessa aloitettiin tarvittavien laitteiden ja niiden määrien kartoitus. Laittevalinnoissa täytyi huomioida, että ne olivat yhteensopivia olemassa olevaan järjestelmään. Pohjatietojen perusteella tiedettiin, että suunnittelukohteessa oli käytössä Siemensin Simatic S7 300 -sarjan ohjelmoitava logiikka, joten laajennusmoduuli, I/O-kortit ja laskurikortti täytyi valita siihen sopiviksi. Työstökoneen ohjauskotelolle ja valvomon ohjauskotelolle tulevien operointipaneelien vaatimukseksi oli määritetty teknisessä kuvauksessa näytön koko seitsemän tuumaa. Lisäksi tiedettiin, että kohteen väyläratkaisuna oli käytetty Profibus-väylää.

Toiminnallista kuvausta ja työstökoneen sähködokumentointia hyödyntäen selvitettiin ensin laajennusmoduulin I/O-korteille kytkettävien signaalien määrät ja tyypit. Haasteita aiheuttivat vanhat dokumentit, jotka olivat pääosin italian kielisiä. Selvityksen tuloksena digitaalisia sisääntulokanavia tarvittiin 38 kappaletta ja digitaalisia ulostulokanavia 19 kappaletta. Tarvittavien I/O-kanavien määrän selvittämisen jälkeen aloitettiin laajennusmoduulin ja sen I/O-korttien valitseminen. Valinnoissa tärkeinä apuvälineinä käytettiin Siemensin laitemanuaaleja. Laajennusmoduulijärjestelmäksi valittiin Siemensin ET 200S, jolle valittiin profibus-väyläliitännän omaava liitäntäkortti. I/O-korteiksi valittiin viisi 8-kanavaista digitaalista sisääntulokorttia ja kolme 8-kanavaista digitaalista ulostulokorttia.

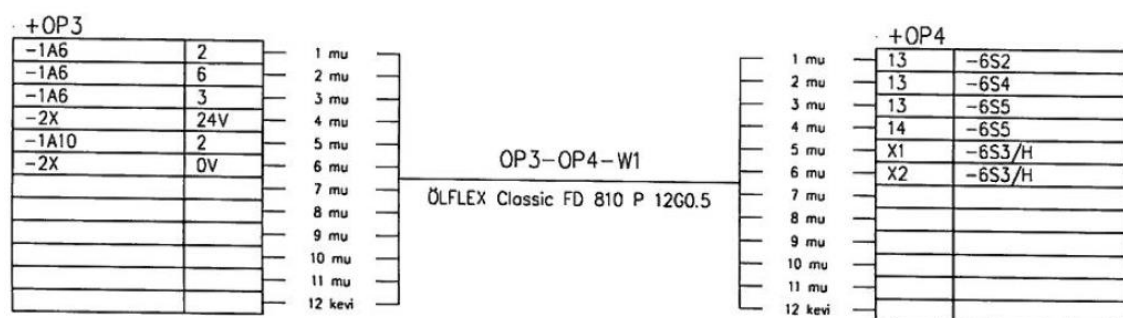
Työstökoneelle ja valvomoon tuleviksi operointipaneeleiksi valittiin Siemensin HMI Basic -paneelit. Paneelin koko oli toiminnallisessa kuvauksessa määritetty, joten koko valittiin sen mukaisesti. Lisäksi paneeleista täytyi huomioida, että niiden kytkentä profibusväylään oli mahdollista.

Työstökoneella olevan pulssianturin mittaustieto täytyi saada logiikan kautta paneeleille, joten pulssianturia varten täytyi valita laskurikortti. Laskurikortti suunniteltiin lisättäväksi sähkökeskuksella olevan ohjelmoitavan logiikan I/O-räkkiin. Pulssianturin tyyppi oli ilmaistu teknisessä kuvauksessa, joten laskurikortti valittiin kyseisen pulssianturityypin signaalille sopivaksi. Lisäksi pulssianturin kaapelointi oli uusittava, jolloin kaapeliksi valittiin anturin valmistajan oma erikoiskaapeli. Analogiamittareiden signaaleista muut olivat jo liitettyinä logiikalle, mutta karan ja teräkelkan tehomittaukset täytyi vielä kytkeä logiikalle, että niiden arvot saataisiin näkymään operointipaneeleissa. Sähkökeskuksen I/O-räkissä olevassa analogiasisääntulokortissa oli vapaita kanavia, joihin signaalit suunniteltiin kytkettäväksi.

Kaapelien valinnat tehtiin muun muassa niillä kuljetettavien signaalien määrien ja tyyppien mukaisesti. Valinnoissa oli tärkeää tietää kaapeleille kohdistuva mekaaninen rasitus ja muut ympäristön vaikutukset, kuten öljyisyys ja lämpötilat. Esimerkiksi energiansiirtokejuihin ja kannatinjärjestelmään oli valittava toistuvaa liikettä kestävät kaapelit. Kaapelien ominaisuudet tuli siis valita edellä mainittujen asioiden perusteella, mutta kuitenkin ylimitoittamatta kaapelien ominaisuuksia. Kaapelien ominaisuuksilla oli merkittävä vaikutus niiden hankintakustannuksiin, joten valinnat tehtiin huolella tarpeiden mukaan.

Kytöntäsuunnittelu

Laitteiston valitsemisen jälkeen oli mahdollista aloittaa kytkentäsuunnittelu. Kytöntäsuunnittelut tehtiin toiminnallisen kuvauksen, laitevalintojen ja vanhojen dokumenttien avulla. Lisäksi vanhat dokumentit tuli päivittää purettujen kytkentöjen osalta. Kytöntäsuunnittelun tuloksista tehtiin laajat dokumentit, kuten piirikaaviot, erilaiset kytkentäkaaviot ja väyläkartta profibus-väylän kytkentöjen hahmottamiseksi. Dokumenttien tuli mahdollistaa toteutus- ja asennusvaiheiden kytkennät (KUVIO 5).

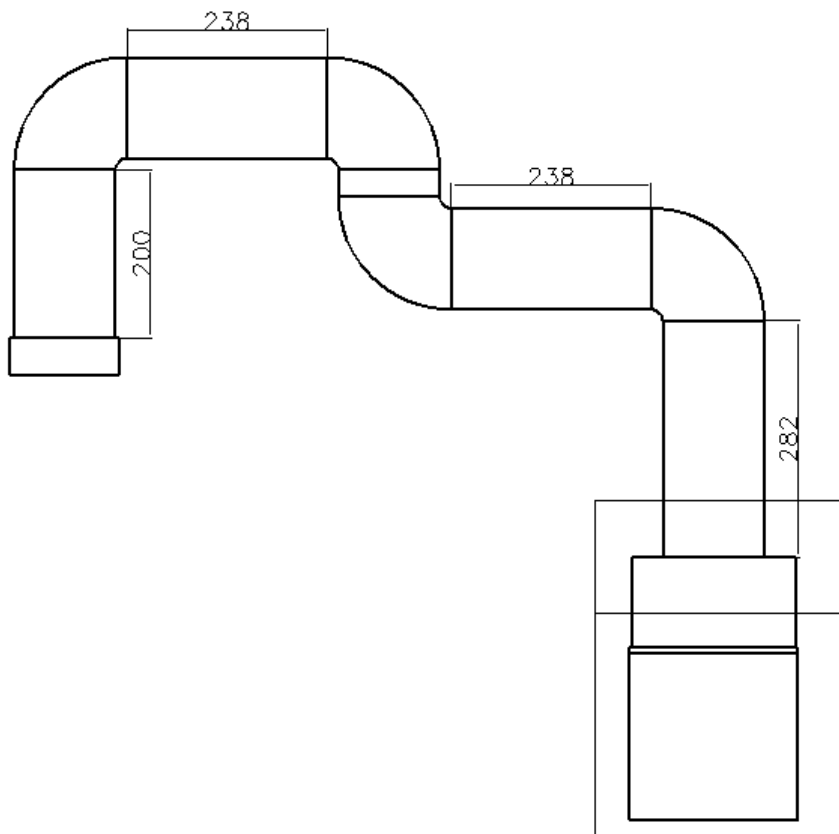


KUVIO 5. Esimerkki kaapeleiden kytkentäkuvista

Kannatinjärjestelmän suunnittelu

Työstökoneen vanhan pääohjauskotelon kannatinjärjestelmä täytyi poistaa, joten sitä varten oli suunniteltava kokonaan uusi kannatinjärjestelmä. Vanhan kannatinjärjestelmän kunto, liikkuvuus ja korkeus eivät olleet käyttäjien kannalta suotuisia. Uuden kannatinjärjestelmän suunnittelussa oli otettava huomioon koneen rakenne, niin että kannatinjärjestelmä ei tulisi liikkuvien osien tielle. Lisäksi kannatinjärjestelmä oli rakennettava koneen käyttäjien kannalta ergonomiseksi, turvalliseksi ja sen ulottuvuus täytyi olla riittävä.

Kannatinjärjestelmän suunnitteluun käytettiin valmistajan manuaaleja, katalogia sekä internetsivuilla olevaa suunnittelusovellusta. Kannatinjärjestelmän rakenne valittiin riittävän kestäväksi ohjauskotelon painolle ja työympäristön vaatimuksille. Varsiosien pituudet valittiin huomioiden ulottuvuustekijät sekä käyttäjien ergonomia. Käyttäjien kanssa keskusteltiin kotelon toivotusta korkeudesta ja liikkuvuudesta, jolla oli suuri merkitys varsiosien pituuksien suunnitteluun. Kotelolle tuleva kaapelointi kulkisi kannatinjärjestelmän varsiosien läpi, joten kannatinjärjestelmälle suunniteltiin myös työstökoneen seinämään kiinnitettävä alustateline. Teline mahdollisti kaapelien viennin kannatinjärjestelmän varsiosien sisään. Kannatinjärjestelmästä luotiin hahmotelma (KUVIO 6), jota käytettiin suunnittelun apuna.



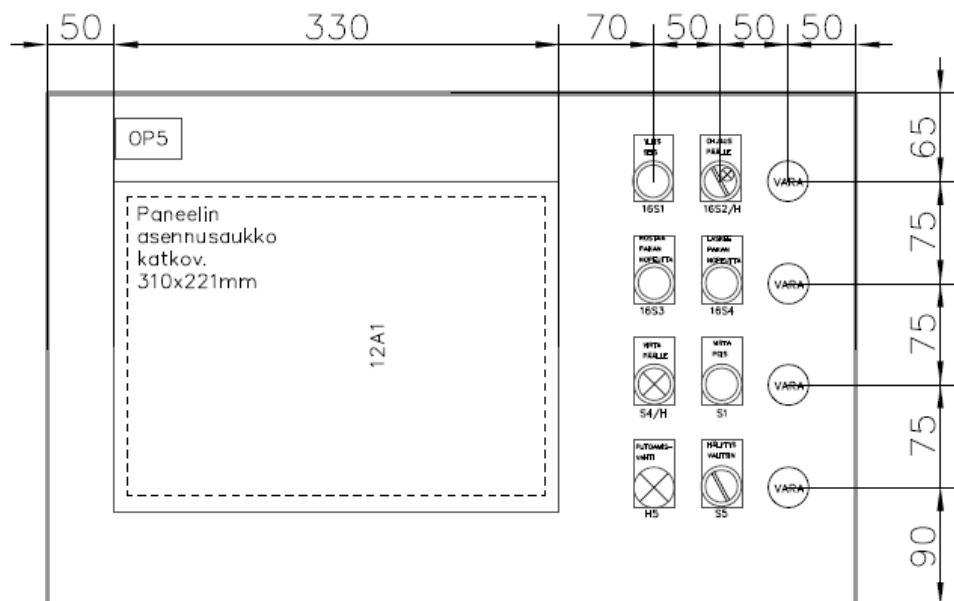
KUVIO 6. Hahmotelma kannatinjärjestelmän suunnittelusta

Kotelosuunnittelu

Jokainen työssä uusittava ohjauskotelo valittiin erikseen. Valinnoissa otettiin huomioon muun muassa koteloilta vaadittu mekaaninen kestävyys ja riittävä koko. Kotelosta tehtiin tässä vaiheessa karkeat layout-kuvat, joihin tarvittavat osat ja laitteet sijoitettiin. Layout-kuvilla varmistuttiin oikeista kotelon mitoista. Yleisosat, kuten kytkimet ja merkkivalot pyrittiin valitsemaan yhdeltä valmistajalta ulkonäöllisistä syistä johtuen.

Työstökoneen pääohjauskotelon valinnassa oli lisäksi huomioitava kannatinjärjestelmän tarve, jolloin kotelon täytyi olla yhteensopiva kannatinjärjestelmään. Kotelon sisälle täytyi mahtua laajennusmoduuli, sen I/O-kortit, kaapelikourut, riviliittimet yms. Kanteen täytyi saada sovitettua järkevästi kaikki kytkimet, painikkeet, merkkivalot, potentiometrit ja paneeli. Valvomon ohjauskotelojen yhdistämisessä yhdeksi koteloksi päätettiin, että toisen kotelon sisältö tuodaan uuteen koteloon pohjalevyineen. Tämä otettiin kotelon valinnassa huomioon. Lisäohjauskotelon valinnassa tärkeää olivat vain mekaaninen kestävyys, sekä riittävä tila siihen tuleville osille.

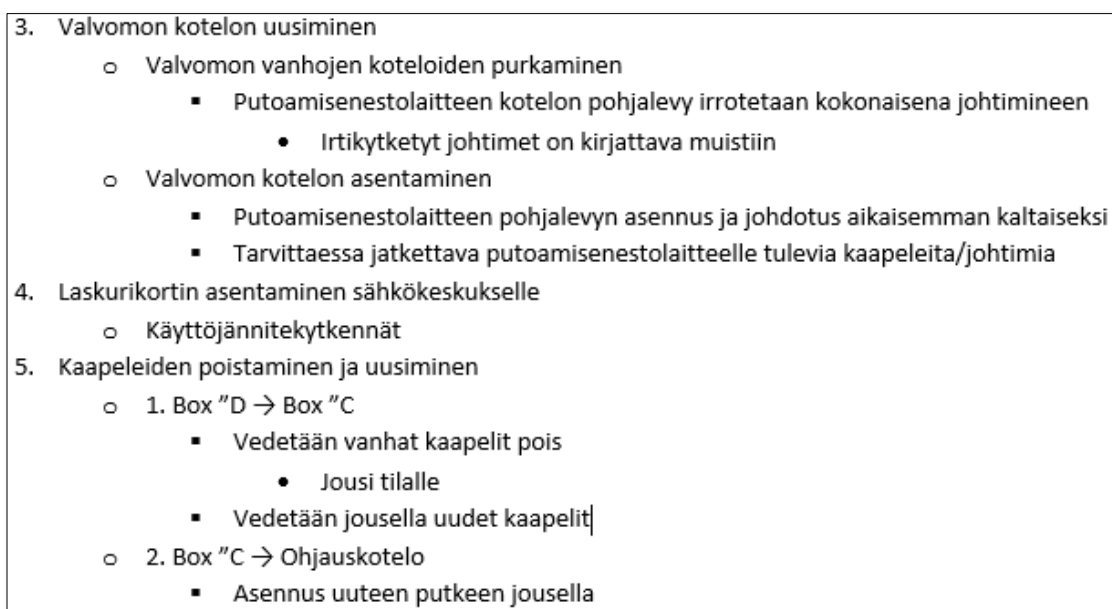
Ohjauskoteloiden suunnittelusta tehtiin dokumentointia, johon kuuluivat muun muassa layout-kuvat (KUVIO 7) ja osaluettelot. Layout-kuvista näkyivät kannen ja pohjan osien ja laitteiden sijoittelut, sekä kaikki oleelliset mitat. Kansiin tulevat toiminnot merkattiin nimikilvin, jotka myös näkyivät layout-kuvissa. Valmiit dokumentit yhdessä kotelon kytkentäkuvien kanssa olivat riittävän laajat kotelokokoonpanoja varten. Layout-kuvat hyväksyttiin vielä lopuksi asiakkaalla.



KUVIO 7. Valvomon ohjauskotelon kannen layout-kuva

Asennussuunnittelu

Asennussuunnittelu oli mahdollista aloittaa, kun kaikki muut toteutus- ja asennusvaihetta varten tarvittavat suunnitelmat oli riittävällä tasolla tehty. Asennussuunnittelun tarkoituksena oli hyödyntää asennukseen käytettävät resurssit mahdollisimman tehokkaasti. Asennussuunnitelmalla siis pyrittiin lyhentämään asentamiseen kuluva aikaa, jonka lisäksi se sisälsi kaikki asennuksen vaiheet asennuksen helpottamiseksi (KUVIO 8). Pitkistä kaapelointireiteistä, energiansiirtoketjuista, asennusletkuista ja useista kytkentäkohteista johdettujen kaapelointi oli järkevää suunnitella asennussuunnitelmaan. Esimerkiksi energiansiirtoketjun suojuen purkaminen olisi vienyt merkittävästi aikaa, joten tavoitteena oli suunnitella kaapelin veto niin, että purkamista ei tarvitse tehdä. Asennussuunnittelun yhteydessä tehtiin myös listaukset asennukseen tarvittavista työkaluista ja tarvikkeista.

- 
- 3. Valvomon kotelon uusiminen
 - Valvomon vanhojen koteloiden purkaminen
 - Putoamisenestolaitteen kotelon pohjalevy irrotetaan kokonaisuena johtimiseen
 - Irtikytketyt johtimet on kirjattava muistiin
 - Valvomon kotelon asentaminen
 - Putoamisenestolaitteen pohjalevyn asennus ja johdotus aikaisemman kaltaiseksi
 - Tarvittaessa jatkettava putoamisenestolaitteelle tulevia kaapeleita/johtimia
 - 4. Laskurikortin asentaminen sähkökeskukselle
 - Käyttäjännitekytkennät
 - 5. Kaapeleiden poistaminen ja uusiminen
 - 1. Box "D → Box "C
 - Vedetään vanhat kaapelit pois
 - Jousi tilalle
 - Vedetään jousella uudet kaapelit
 - 2. Box "C → Ohjauskotelo
 - Asennus uuteen putkeen jousella

KUVIO 8. Esimerkki asennussuunnitelman sisällöstä

3.2.2 Toteutusvaihe

Toteutusvaihe alkoi osittain jo suunnittelun aikana. Tarvittavat laitteistot, osat yms. tilattiin mahdollisuuksien mukaan heti, kun niiden tarve varmistui. Tilausten lisäksi toteutusvaiheeseen sisältyi kokoonpanotyöt, logiikan ja paneelin ohjelmiston toteuttaminen sekä muita tarvikkehankintoja.

Operointipaneelien näyttökuvan toteutus

Operointipaneelien näyttökuvat ja toiminnot oli suunniteltava koneen käytön kannalta selkeärakenteisiksi. Näytöllä näytettävien arvojen tuli näkyä riittävän suurikokoisina, että niiden lukeminen onnistuisi myös kauempana operointipaneelistä ja käytettyjen värisävyjen tuli selkeyttää näytön lukemista. Pääohjauskotelon ja valvomon kotelon näytöillä tuli näkyä koneen käytön kannalta olennaisia tietoja, kuten nopeusarvoja, tehoja, pyörimissuunta ja asematieto. Tietosisältö tuli jaotella selkeästi näytölle. Paneelien suunnittelu tehtiin toteutuksen yhteydessä.

Pääohjauskotelon ja valvomon näytöistä tehtiin muuten samanlaiset, mutta pääohjauskotelon näyttöön tuli lisätekstejä siihen tulevia toimintoja varten. Näyttöjen ulkoasujen suunnittelussa käytettiin pohjana asiakkaalta ja koneen käyttöhenkilöstöltä saatuja toiveita. Paneelin ulkoasu hyväksyttiin asiakkaalla. Paneelien ohjelma oli mahdollista siirtää paneeleihin jo tässä työn vaiheessa, joten se tehtiin.

Logiikkaohjelmointi

Logiikkaohjelmointi sisälsi paljon haasteita, sillä vanha ohjelma oli Siemensin Simatic S5 -logiikan aikainen, joka oli siirretty myöhemmin S7-sarjan logiikkaan. Tästä johtuen ohjelmasta puuttuivat kommentoinnit, symboloinnit yms. (KUVIO 9), paitsi niiltä osin, kun ohjelmaa oli muutettu aikaisemmissa työstökoneen uusintatöissä. Vanhan ohjelmaosuuden luettavuus ja ymmärrettävyys aiheuttivat ohjelmoinnille haasteita. Kokonaan uutta ohjelmaa ei ollut järkevää tehdä, sillä sovellus oli niin laaja, että käytettävät resurssit eivät olisi mitenkään riittäneet sen toteuttamiseen.

A	I	1.1
A	M	11.2
AN	I	23.7
A	I	15.4
AN	I	15.5
AN	M	16.3
=	Q	3.4

KUVIO 9. Esimerkki muokkaamattomasta ohjelmasta

Vanhaan logiikkaohjelmaan perehtyminen ja sen ymmärtäminen vaativat paljon aikaa. Perehtymisen jälkeen aloitettiin itse ohjelmointi. Muutokset ja lisäykset pyrittiin tekemään hyvän ohjelmointitavan mukaisesti. Symboleista ja kommentteista tehtiin selkeitä ja kuvaavia (KUVIO 10). Ohjelmasta poistettiin muutosten myötä turhaksi jääneitä osia

pois ja vastaavasti uusia toimintoja lisättiin. Muutoksissa ja lisäyksissä oli huomioitava lukitukset ja suojaustoiminnot, joiden tarkoituksena oli varmistaa laitteen toimivuus turvallisesti käyttäjien ja koneen kannalta. Lukitus- ja suojaustoimintojen toimivuus myös muutoksien jälkeen oli ehdottoman tärkeää.

A	I	1.1		
A	M	11.2		
AN	I	23.7		
A		"OP3_Karkipylkka_Unlock"	I53.4	-- Karkipylkan alaosa vapaa
AN		"OP3_Karkipylkka_Lock"	I53.3	-- Karkipylkan alaosa kiinni
AN	M	16.3		
O				
A	I	1.1		
A		"OP4_KP_Ohjaus_ON"	M1504.2	
AN	I	23.7		
A	I	54.5		
AN	I	54.6		
AN	M	16.3		
=	Q	3.4		

KUVIO 10. Esimerkki muutetusta ohjelmasta

Kokoonpanotyöt

Ohjauskoteloiden kokoonpanotyöt päätettiin teetättää alihankintana, jolla säästettiin omien asentajien ajallisia resursseja. Lisäohjauskotelo ei kuitenkaan vaatinut alihankittua kokoonpanoa. Suunnittelussa tuotetut kotelokokoonpanoon vaaditut dokumentit ja itsetilatut laitteet ja osat toimitettiin alihankkijalle. Alihankkijalta oli tärkeä selvittää toimitusaika kokoonpantaville koteloille, että ne olisivat valmiina asennusvaihetta varten.

3.2.3 Asennusvaihe

Ennen työmaalle lähtemistä täytyi varata mukaan kaikki asennuksiin tarvittavat tarvikkeet, laitteet, työvälineet yms. Asennuksen vaatimat työt oli tärkeä hahmottaa etukäteen, että töiden toteuttamista varten olisi käytettävissä toimivimmat mahdolliset työvälineet. Asennussuunnitelma sisälsi osan tarvituista välineistä, mutta asentajien oli silti hyvä selvittää lisätarpeet. Asennuksia varten oli käytössä asennussuunnitelman lisäksi muut suunnittelun luomat dokumentit sisältäen muun muassa kytkentäkuvat, väylätoteutuksen kuvat yms. Asennussuunnitelmaa noudatettiin pääosin, mutta esimerkiksi työvaiheiden järjestystä sovellettiin. Projektin mekaaninen- ja sähköinen asennus toteutettiin kahden

sähkö- ja automaatioasentajan toimesta. Mekaanisesti vaativimmat työt toteuttivat tehtaan mekaniikkamiehet. Asennus suoritettiin urakkana ja sen kesto oli noin yksi arki-
viikko.

Työmaalle saapuminen

Ennen projektin kohteeseen siirtymistä asentajille järjestettiin perehdytys tuotantolaitoksen turvallisuuteen ja toimintatapoihin liittyen. Tässä vaiheessa huomattiin, että toisella asentajista oli vanhaksi mennyt sähkötyöturvallisuuskortti, jonka voimassaoloa asiakas edellytti, joten kyseinen asentaja ei voinutkaan tulla työmaalle. Kyseessä oli täysin inhimillinen vahinko. Ongelman korjaukseksi projektiin hankittiin toinen asentaja, jolle myös järjestettiin asiakkaan toimesta perehdytys. Perehdytyksien jälkeen asennusta varten tarvittava materia siirrettiin työmaalle ja rajattiin työalue ulkopuolisten turvaamiseksi. Työstökoneelle ja sen sähkökeskuksille tuleva sähkönsyöttö katkaistiin ja lukittiin, niin että turvallisuusriskejä sähköiskujen suhteen ei päässyt syntymään.

Kaapelointi

Asennus aloitettiin purkamalla vanhat johdotukset. Vanhoja johdotuksia hyödyntäen vedettiin samalla uudet kaapelit energiansiirtoketjuihin. Kaapeloinnit tehtiin asennussuunnitelman mukaisesti, millä säästettiin asennusvaiheessa kaapeloinnin suunnitteluun kuluva aikaa. Kaapeloinnille oli tehtävä myös uusia suojaputkituksia kiinnityksineen. Kaapeloinnin osuus koko asennuksesta oli ajallisesti merkittävä, sillä kaapelointimatkat olivat suhteellisen pitkiä, suojaletkujen asentaminen oli aikaa vievää sekä energiansiirtoketjut aiheuttivat haasteita. Energiansiirtoketjuja ei saanut kaapeleiden vetoa varten täysin suoraksi ja niiden rakenteet olivat umpinaisia. Energiansiirtoketjujen kuoren purkaminen olisi vienyt merkittävästi aikaa, joten ajan säästämiseksi kaapelit oli onnistuttava vetämään yhtenäisesti energiansiirtoketjujen läpi. Vedetyille kaapeleille jätettiin riittävät asennusvarat myöhempää kytkemistä varten.

Mekaaniset asennukset

Mekaanisiin asennuksiin kuuluivat kaapeloinnin suojaputkituksien tekeminen, kannatinjärjestelmän asennus ja kokoonpano sekä ohjauskoteloiden kiinnittämiset ja vanhojen purkamiset. Pääohjauskotelon vanhan kannatinjärjestelmän purkamiseen ja uuden kannatinjärjestelmän telineen asentamiseen hyödynnettiin tehtaan mekaniikka-asentajia.

Uusi kannatinjärjestelmä koostui palasista, jotka täytyi kasata ja asentaa kannatinjärjestelmän telineeseen. Muutoin valmiiseen kannatinjärjestelmään asennettiin viimeisenä

pääohjauskotelo, jonka jälkeen kannatinjärjestelmä säädettiin toimivaksi. Valvomon vanhat ohjauskotelot täytyi purkaa pois. Toisen kotelon pohjalevy siirrettiin valvomon uuteen ohjauskoteloon. Valvomon uuden ohjauskotelon toimitus alihankkijalta tapahtui myöhässä, joka aiheutti sen asentamiseen aikataulullisia haasteita. Uusi ohjauskotelo saatiin vasta viikko asennuksien alkamisesta, jolloin asennus olisi pitänyt olla jo alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti valmis.

Kytkenät

Kaapeloinnin ja mekaanisten asennusten jälkeen aloitettiin kaapeleiden kytkeminen ohjauskoteloilta, riviliitinkoteloilta sekä sähkökeskukselle. Kytkenät tehtiin suunnittelun pohjalta tehdyistä dokumenteista. Haasteellisin kytkentä tapahtui valvomossa, jossa toisen vanhan kotelon sisältö täytyi siirtää uuteen. Olemassa olleista kytkennöistä ei ollut ajantasaisia kuvia, joten purkamista vaatineet kytkennät oli kirjoitettava muistiin ja kytkettävä uudestaan uudessa kotelossa. Profibus-väylä jatkettiin olemassa olleen väylän päästä ja vietiin ketjumaisesti laitteelta toiselle laitteelle, jolloin viimeisellä laitteella kytkettiin väylän päätevastus käyttöön.

Asennustyömaan viimeistely

Asennuksien valmistuttua työjälki tarkastettiin ja tehtiin tarvittavat mittaukset. Asennusten siisteys, mahdolliset puutteet yms. tarkastettiin silmämääräisesti, jonka jälkeen tehtiin käyttöönottomittaukset, kuten suojajohtimien jatkuvuuksien mittaus. Erityisesti turvallisuuden liittyvien kytkentöjen ja asennuksien toimivuus oli syytä tarkastaa. Hätäseis-piiri oli kahdennettu, jolloin molemmat piirit oli testattava. Piirien jatkuvuus mitattiin ja testattiin niiden jatkuvuuden katkeaminen, kun mitä tahansa hätäseis-painiketta oli painettu.

Asennustehtävien, tarkastuksien ja mittausten päätyttyä, työmaalta vietiin ylimääräiset asennustarvikkeet ja työkalut pois. Kytkentäkoteloiden kannet, kaapelinousun suojuukset yms. sijoitettiin takaisin omille paikoilleen ja tehtiin työmaalle loppusiivous. Lukittu sähkönsyöttö avattiin ja sähköt palautettiin toiminnallisen testauksen vaihetta varten.

Asennukseen liittyviä velvoitteita

Turvallisuuden ja hyvien käytäntöjen kannalta oli tärkeää pitää työmaa siistinä läpi asennusvaiheen. Kaikki asennukset oli tehtävä noudattaen turvallisia työtapoja. Asiakkaan määrittämiä ja työn kannalta olennaisia suojavarusteita käytettiin asennuksen aikana. Esimerkiksi henkilönostinta vaativissa töissä käytettiin turvalajaita. Asennuksien aikana

havaitut muutostarpeet dokumentteihin oli kirjattava muistiin suunnitteluhenkilöstöä varten.

3.2.4 Toiminnallisen testauksen vaihe

Asennuksen jälkeen aloitettiin toiminnallinen testaus, jossa olivat mukana suunnittelija sekä asentaja/suunnittelija. Ensimmäisenä vaiheena ohjelmoitavaan logiikkaan siirrettiin suunniteltu ja toteutettu ohjelma. Ohjelmoitavaan logiikkaan ja paneeleihin saatiin muodostettua yhteys väylän kautta, johon yhdistyttiin tietokoneella. Testaukset aloitettiin I/O-testein, jossa jokaisen muutoksen kohteena olleen I/O-kanavan toimivuus testattiin yksi kerrallaan. Sisääntulokanavat aktivoitiin fyysisesti esimerkiksi kytkimellä, jolloin toiminta tarkistettiin väylässä kiinni olleelta tietokoneelta. Ulostulokanavat aktivoitiin tietokoneella ohjelmallisesti, jolloin toiminta tarkastettiin fyysisestä ulostulosta, kuten merkivalosta. Havaitut virheet korjattiin ja kirjattiin muistiin, että suunnittelu sai korjattua muutokset dokumentteihin. Häätäseis-toiminnot testattiin uudestaan sähköjen kanssa.

Seuraavaksi aloitettiin laitteen käyttötoimintojen testaaminen yksi toiminto kerrallaan. Samalla tarkkailtiin operointipaneelien toimintaa. Mukana testauksessa oli työstökoneen käyttöhenkilökuntaa. Toiminnoissa havaitut puutteet pyrittiin korjaamaan välittömästi logiikkaohjelmaan. Lisäksi käyttöhenkilökunnan mielipiteet otettiin huomioon esimerkiksi operointipaneelien näytön ulkoasuun liittyvissä asioissa.

Testauksien aikana ongelmallisuutta aiheutti muun muassa pulssianturilta saatavan tiedon näyttäminen operointipaneelin näytössä. Minkäänlaista arvoa ei tullut näkyviin, jonka syyksi selvitettiin keskenään yhteensopimattomat pulssianturi ja laskurikortti. Pulssianturin tyyppi ei ollut sama, mitä suunnittelulla käytössä ollut tieto kertoi, joten asiakas tilasi laskurikorttiin sopivan pulssianturin, joka vaihdettiin vanhan tilalle. Vanhan ohjelman hankalan rakenteen takia yhdestä ohjelmaosuudessa oli jäänyt tärkeitä lukituksia huomioimatta, jotka oli korjattava ohjelmaan. Lukituksien tarkoitus oli estää teräkelkan kulkeminen yli turvallisten toimintarajojen, mutta lukituksien puuttuessa pysäytystoiminto ei toiminut. Lukituksien toiminta korjattiin ohjelmaan ja niiden toiminta varmistettiin käytännössä kokeilemalla.

3.2.5 Uusinnan tulokset

Toiminnallisten testauksien jälkeen ja asiakkaan ollessa tyytyväinen uusinnan tuloksiin, voitiin projektin tulokset luovuttaa asiakkaalle. Asennusvaiheessa ja toiminnallisen testauksen vaiheessa ilmenneet muutostarpeet dokumentteihin korjattiin, jonka jälkeen kaikki asiakkaan kannalta olennaiset dokumentit toimitettiin asiakkaalle.

Pääohjauksotelosta (KUVA 6) tuli kokonaisuudessa huomattavasti vanhaa nykyaikaisempi. Käyttäjien toiveiden mukaisesti rakennettu kannatinjärjestelmä ja kotelo paransivat ohjauksotelon käytettävyyttä ja käytettävyyden ergonomiaa, sillä operointipaneeli ja toiminnot oli sijoitettu sopiville korkeuksille ja kotelo ulottui paremmin käyttäjien tarpeisiin. Ohjauksotelon operointipaikka oli korokkeella, joten uuden yläkautta toteutetun kannatinjärjestelmän varren rakenne oli suotuisampi korokkeella työskentelyn turvallisuutta ajatellen. Lisäksi kotelolta poistettu 230 voltin jännite vähensi turvallisuuden riskitekijöitä.



KUVA 6. Uusi työstökoneen kannatinjärjestelmällinen pääohjaukskotelo käytössä

Lisäohjauksotelon (KUVA 7) toiminnot lisääntyivät ja siihen liittyvät turvallisuustekijät parantuivat. Aiemmin samanaikainen ohjaus pääohjauksotelolta ja lisäohjauksotelolta oli mahdollista, joka aiheutti riskitekijän turvallisuuteen. Samanaikainen ohjaus estettiin ohjauspaikanvalinta-toiminnolla, joka oli jo olemassa muissa työstökoneella sijaitsevilla ohjauksoteloiden. Ohjauspaikanvalinta-kytkimellä saatiin valittua ohjauspaikka aktiiviseksi, jolloin muualla valittu ohjauspaikka deaktivoitui. Ohjauspaikan toiminnot tulivat käyttöön vasta ohjauspaikan aktivoitumisen myötä. Lisäohjauksotelolle harkittiin suunnittelussa vielä 2-käsiohjausta, mutta asiakkaan toiveiden ja riskien arvioinnin jälkeen siitä ajatuksesta luovuttiin.



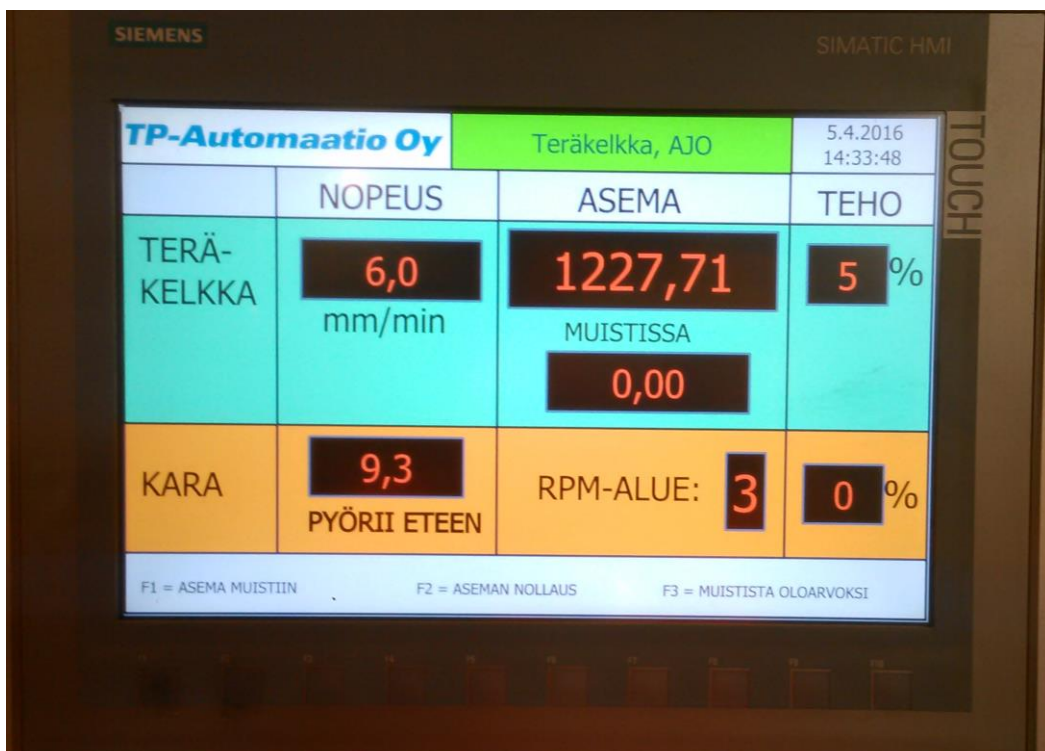
KUVA 7. Uusi työstökoneen lisäohjauksotelon käytössä

Valvomoon uusi ohjauksotelon (KUVA 8) tuli vanhoja huomattavasti selkeärakenteisemmaksi informatiiviselta sekä toiminnalliselta näkökannalta. Ylimääräisiä kytkimiä, joiden toimintoja ei enää tarvittu, poistettiin. Valvomoon myös lisättiin työstökoneen ohjaustoimintoja, joita ei aiemmin ollut. Myös valvomoon tuli ohjauspaikanvalinta-kytkin turvallisuussyistä. Vanhojen analogiamittareiden lukeminen tarkasti matalalle sijoitetusta ohjauksotelosta oli ergonomiselta näkökannalta haastavaa, mutta uuden operointipaneelin näyttämät arvot oli helppo nähdä myös mukavassa työasennossa.



KUVA 8. Uusi valvomon ohjauskotelo käytössä

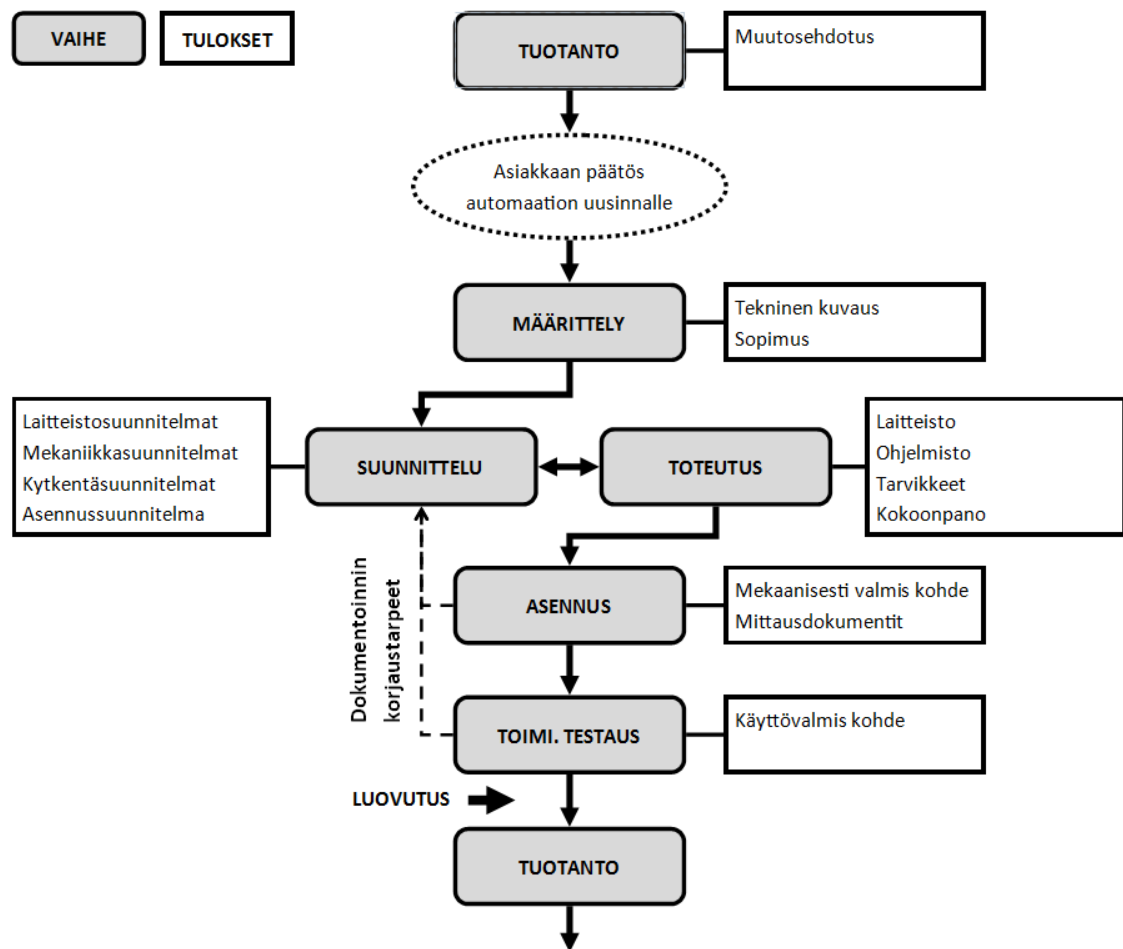
Vanhon analogiamittareiden arvojen lukeminen oli epätarkkaa ja työlästä verrattuna operointipaneelin näytöltä näkyvien arvojen lukemiseen (KUVA 9). Näytöstä suunniteltiin käyttäjien kannalta selkeä ja näytön lukeminen onnistui nyt myös kauempana ohjauspaikasta. Esimerkiksi viereisellä ohjauskotelolla työskentelevän ei tarvinnut siirtyä pääohjauskotelolle lukemaan arvoja.



KUVA 9. Uusi näyttöpaneeli käytössä

3.3 Projektin kulku

Tehdyssä automaatioprojektissa vaiheiden eteneminen ja tulokset (KUVIO 11) poikkesivat osittain teoriassa esitellyn automaation elinkaarimallin vaiheista (KUVIO 1). Johtuen siitä, että kyseessä oli uusintaprojekti, projekti syntyi tuotantovaiheessa tapahtuneesta muutostarpeesta. Muutostarpeen pohjalta asiakas teki päätöksen uusia automaatiota, jonka jälkeen toimittajan rooli alkoi määrittelyvaiheen myötä. Vaiheiden tuloksissa eroavaisuudet johtuivat suurilta osin projektin kohteen ominaisuuksista.



KUVIO 11. Käytännön projektin vaiheet ja tulokset

Projekti ei edennyt suoraviivaisesti vaiheesta seuraavaan vaiheeseen, kuten teoreettisissa mallissa. Projektia ei pystynyt viemään eteenpäin täysin askelmaisesti, vaan työjärjestys muodostui sen hetkisten tarpeiden mukaisesti. Käytössä oli osittain suoraviivaista etenemistapaa, mutta erityisesti suunnittelussa ja toteutuksessa ilmeni rinnakkaista ja iteratiivista toteutustapaa. Jotkut suunnittelun vaiheet täydensivät toinen toisiaan ja lopulta valmiit suunnittelun osat siirrettiin toteutusvaiheeseen, jonka jälkeen suunnittelu taas jatkui.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Projekti onnistui kokonaisuudessaan hyvin. Projektin tavoitteet saavutettiin ja sen tulokset luovutettiin asiakkaalle sovitun aikataulun mukaisesti. Projektin aikana ilmeni useita haasteita, joille kuitenkin löydettiin aina ratkaisut. Projektityön tekeminen ja erityisesti sen sisältämät haasteet ratkaisuihin antoivat paljon ohjenuoria projektitöiden suorittamiseen jatkossa. Teorian läpikäyminen antoi laajemman ja tarkemman ymmärryksen projektin rakenteesta ja sen eri vaiheista. Vertaamalla teoriassa käydyn ja käytännössä toteutetun projektin sisältöä, on helposti nähtävissä kuinka projektin laajuus ja kohde vaikuttavat projektin rakenteeseen sisältöineen.

Projektin aikana selvisi, että automaation uusintaprojektit voivat sisältää useita haasteita, joita uusioautomaatioprojekteissa ei ilmene. Olemassa olevan automaatiosovelluksen uusinta vaatii tarkat tiedot sovelluksen sen hetkisestä tilasta. Projektin kohteena ollut sovellusta oli kuitenkin muutettu sen elinkaaren aikana useita kertoja, eikä kaikista tehdyistä muutoksista ollut käytettävissä täsmällisiä dokumentteja. Tämä korosti tiedonhankinnan merkitystä erityisesti projektin suunnitteluvaiheelle. Projektin aikana opittiin, että mitä laajemmin suunnittelua varten tarvittavat tiedot saa kerättyä projektin alkuvaiheessa, sitä enemmän säästyy aikaa projektin edetessä, sillä tarvittavan tiedon hankkiminen voi olla aikaa vievää. Myös käyttäjien toiveet on hyvä kartoittaa tarkasti mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, millä voidaan ehkäistä muutoksien tarvetta suunnittelun tuloksiin myöhemmässä vaiheessa.

Projektin ohjelmointivaiheessa huomattiin, että muutoksien tekeminen vanhan ohjainlaitteiston ohjelmaan ei välttämättä ole niin yksinkertaista, mitä voisi olettaa. Tässä projektissa alkuperäinen ohjelma oli niin vanha, että kommentointia ja symbolointia ei ollut alun perin mahdollista luoda kiinteästi ohjelmaan. Vanhan ohjelman luettavuus oli siis työlästä. Ohjelmallisia muutoksia tehdessä kannattaa selvittää vanhasta ohjelmasta ensin kaikkien toimintojen merkitys, joihin muutos kohdistuu. Yksikin muutos ilmenevä puute voi aiheuttaa käytännön riskitilanteen joko ihmisille tai itse koneelle. Tästä syystä toiminnallisessa testauksessa itse käyttötoimintojen lisäksi kaikki oleelliset rajat yms. on syytä testata, jos niiden toimintaan on voinut tulla projektin aikana muutoksia.

Projektin aikana ilmeni myös, että tavaratilauksien ja kotelokokoonpanojen hankinta kannattaa tehdä niin aikaisessa vaiheessa kuin mahdollista, sillä toimitusajat voivat olla pitkiä. Tehdyn projektin aikana tuli ongelmia alihankkijalta myöhässä tulleen ohjauskotelon kanssa, mutta asia saatiin korjattua muuttamalla asennusvaiheen suunniteltua työjärjestystä. Tavarantoimittajilta ja alihankkijoilta on siis syytä varmistaa toimitusajat, että niistä johtuvia viivästyksiä ei projektissa pääse ilmenemään. Tarvittaessa tilauksista ja sovitusta toimitusajoista voi olla myös hyvä muistuttaa toimittajaa esimerkiksi sähköpostitse.

Asennussuunnitelman hyödyt huomattiin, vaikka tässä projektissa asennussuunnitelma ei edes olisi ollut täysin välttämätön pienestä asennuksen laajuudesta johtuen. Asennussuunnitelmalla saavutettiin ajallista hyötyä, sillä työmaalla asennusta ei tarvinnut enää laajemmin suunnitella. Asennussuunnitelmalla varmistuttiin myös siitä, että mitään asennuksen vaihetta ei projektista unohdu. Asennussuunnitelmaa luodessa kannattaa huomioida, kuinka kattava sen sisällön tulee olla ja ottaa mahdollisesti huomioon projektiin varattujen asentajien kokemus. Liian tarkan suunnitelman laatiminen vie turhaan resursseja suunnittelupuolelta, eikä tarjoa kokeneelle asentajalle enempää hyötyä kuin yksinkertaisesti ja selkeästi laadittu suunnitelma. Asennussuunnitelman tärkeys kasvaa asennusten laajuuden kasvaessa, jolloin suurissa asennuskokonaisuuksissa asennussuunnitelma on jo välttämätön.

Suunnittelukohteet, joissa on otettava huomioon turvallisuustekijät, kannattaa käyttää aikaa riskien kartoittamiseen ja parhaan toteutustavan valintaan. Riskien arviointia ja mahdollisen toteutustavan harkintaa kannattaa tehdä myös asiakkaan kanssa. Tietynlaisten suunnittelukohteiden kohdalla on syytä tarkistaa määrittääkö konedirektiivi toteutustavalle omat vaatimuksensa.

Projektityössä on varauduttava myös sellaisiin ongelmallisiin tilanteisiin, jotka voivat olla projektin kohteesta ja toimittajasta riippumattomia. Esimerkiksi auton hajoaminen kesken työmatkan voi aiheuttaa aikatauluun viivästyksiä, kuten tämänkin projektin aikana tapahtui. Projektin suorittaminen mahdollisimman tehokkaasti ja laadukkaasti vaatii toimittajan puolelta kokemusta ja tietämystä parhaista toimintatavoista sekä ongelmanratkaisukykyä haastaviin tilanteisiin.

LÄHTEET

Falcon A. 2014. 10 Programming Habits Developers Should Adopt. Hongkiat. Luettu 30.3.2016.

<http://www.hongkiat.com/blog/developer-habits/>

Gothelf J. 2012. A Better Project Model than the “Waterfall”. HBR. Luettu 29.3.2016.

<https://hbr.org/2012/07/a-better-project-model-than-the-waterfall>

Huotari J. 2009. Projektin dokumentointi. JAMK. Luettu 30.3.2016.

http://homes.jamk.fi/~huojo/opetus/IIZT4010/IIZT4010_4.pdf

Malm T., Vanhala M. & Venho-Ahonen O. 2010. Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä. VTT. Luettu 3.4.2016.

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-04369-10.pdf>

Rouse M. 2011. Iterative development. TechTarget. Luettu 29.3.2016.

<http://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/iterative-development>

SAS. 2001. Laatu automaatiossa. Parhaat käytännöt. 1. painos. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

SAS. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Yhteiset käsitteet verkottuneen suunnittelun perustana. SAS. Luettu 29.3.2016.

<http://www.automaatioseura.fi/ANTI-2.pdf>

Suomela J. 2009. AS-84.147 Automaation käyttöliittymät. TKK. Luettu 14.4.2016.

<http://automation.tkk.fi/attach/AS-84-3147/Perusteet.pdf>